

Morteros de Albañilería, estudio comparativo

José Antonio García Martínez
Miguel Ángel Ruiz Rey
Juan Vicente Visier Massó
Enrique Torrero Fuentes
Juan Peña López

COAAT CUENCA

RESUMEN

El mortero es un material que puede considerarse imprescindible en el mundo de la construcción, donde es empleado en muy diversas aplicaciones. Estos no han quedado al margen en la evolución experimentada en el sector, y un reflejo es la implantación de los morteros industriales, cada vez más tecnificados. Pero a pesar de esta evolución, todavía los morteros hechos en obra son muy utilizados, aunque plantean un sin número de inconvenientes.

Con este trabajo, principalmente se estudia la diferencia en cuanto a características técnicas existentes entre distintos morteros de albañilería, habitualmente utilizados en Nuestra Región (Castilla la Mancha), teniendo en cuenta las prescripciones marcadas en la normativa vigente y los valores declarados por el fabricante. Esta determinación se realiza mediante las pruebas técnicas necesarias para consecución de los objetivos marcados.

1.- INTRODUCCIÓN

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones y/o aditivos.

El presente trabajo se encuadra dentro de los morteros de albañilería, G,T,L, y prescritos.

2.- CONTENIDO Y OBJETIVOS

Los objetivos iniciales y base del estudio de esta serie experimental son los siguientes:

- Estudiar las diferencias técnicas en distintos morteros utilizados en obra, para la misma aplicación.
- Realizar los distintos ensayos pertinentes en morteros, tanto frescos como endurecidos, y comprobar si cumplen con los datos declarados por el fabricante en su caso.
- Analizar los resultados obtenidos en función de su naturaleza y compararlos entre sí.
- Comprobar sobre que tipo de morteros existe un mejor y mayor control de fabricación y recepción en obra.
- Cuantificar la caída de resistencias mecánicas sufridas en los morteros cuando a estos se les añade agua una vez finalizado el periodo de trabajabilidad, con la intención de volver a obtener la consistencia deseada. (práctica habitual en obra).
- Realización de una tabla de interpretación de resultados para el ensayo de la determinación de consistencia, mediante penetración del pistón.
- Elaborar un comparativo económico, para comprobar la repercusión que ofrecen los morteros más tecnificados frente a los tradicionales, para una construcción de envergadura similar.
- Formular las conclusiones pertinentes en función de las tendencias principales observadas.

Debido a lo extenso del estudio, y para una mejor comprensión se resumirá la campaña experimental con morteros de cemento, en los siguientes apartados:

- Ensayos realizados con morteros de distintos tipos con el fin de compararlos entre sí.
- Demostración de la caída de resistencias mecánicas en morteros reamados en obra.

- Elaboración de una tabla de interpretación de resultados para el ensayo de determinación de la consistencia en mortero fresco por penetración del pistón.
- Estudio económico de los distintos morteros estudiados.

2.1- PLAN DE TRABAJO

Los ensayos han sido realizados en las instalaciones del laboratorio LACAE, (Laboratorio de Calidad en La Edificación), perteneciente a la UCLM, Escuela Universitaria Politécnica de Cuenca (Arquitectura Técnica), con herramientas y equipos calibrados.

A continuación se define el plan de trabajo realizado para la elaboración de los ensayos con los morteros de cemento, para los cuales han sido recogidas tres muestras de cada tipo de mortero, siendo conveniente explicar la dificultad para obtener muestras de mortero seco en silo, debido a la poca proyección que dicho material tiene en la zona, en cuanto al mortero seco ensacado se han ensayado muestras de dos marcas comerciales distintas.

Las muestras han sido obtenidas de obras concretas, tanto las referentes al mortero hecho en obra, mortero industrial elaborado en fábrica y mortero seco en silo, a excepción de los morteros secos ensacados que han sido elaboradas en la amasadora del laboratorio.

En la tabla siguiente se detalla dicho plan de trabajo específico para cada tipo de mortero utilizado los ensayos realizados, designados por la normativa que los recoge.

| Tipo de mortero | Número de muestra | Fecha de recogida | Hora de amasado | Hora de recogida | Ensayos realizados (NORMA UNE-EN) |
|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|
| Industrial húmedo 1 | 1 | 12-06-07 | 7:30 | 8:15 | UNE-EN 1015-1 |
| | 2 | 12-06-07 | 7:45 | 8:40 | |
| | 3 | 20-06-07 | 7:40 | 7:55 | |
| Industrial húmedo 2 | 1 | 20-06-07 | 7:00 | 7:30 | UNE-EN 1015-2 |
| | 2 | 20-06-07 | 7:15 | 8:15 | |
| | 3 | 28-06-07 | 7:00 | 7:15 | |
| Industrial húmedo 3 | 1 | 20-06-07 | 7:45 | 8:45 | UNE-EN 1015-3 |
| | 2 | 28-06-07 | 7:30 | 7:45 | |
| | 3 | 28-06-07 | 7:45 | 8:15 | |
| "In situ" 1 (*) | 1 | 12-06-07 | 10:00 | 10:15 | UNE-EN 1015-4 |
| | 2 | 14-06-07 | 8:30 | 8:45 | |
| | 3 | 18-06-07 | 8:30 | 8:45 | |
| "In situ" 2 (*) | 1 | 18-06-07 | 10:30 | 10:40 | UNE-EN 1015-6 |
| | 2 | 26-06-07 | 8:35 | 8:40 | |
| | 3 | 26-06-07 | 11:00 | 11:10 | |
| "In situ" 3 (*) | 1 | 03-07-07 | 8:30 | 8:35 | UNE-EN 1015-7 |
| | 2 | 06-07-07 | 8:30 | 8:40 | |
| | 3 | 09-07-07 | 8:30 | 8:35 | |
| Seco en silo | 1 | 03-07-07 | 10:00 | 10:30 | UNE-EN 1015-9 |
| | 2 | 06-07-07 | 10:00 | 10:05 | |
| | 3 | 09-07-07 | 9:00 | 9:15 | |

| | | | | |
|----------------|---|----------|-------|-------|
| Seco en saco 1 | 1 | 03-07-07 | 12:25 | 12:30 |
| | 2 | 06-07-07 | 12:30 | 12:35 |
| | 3 | 09-07-07 | 12:00 | 12:05 |
| Seco en saco 2 | 1 | 11-07-07 | 9:05 | 9:10 |
| | 2 | 11-07-07 | 10:30 | 10:35 |
| | 3 | 11-07-07 | 12:30 | 12:35 |

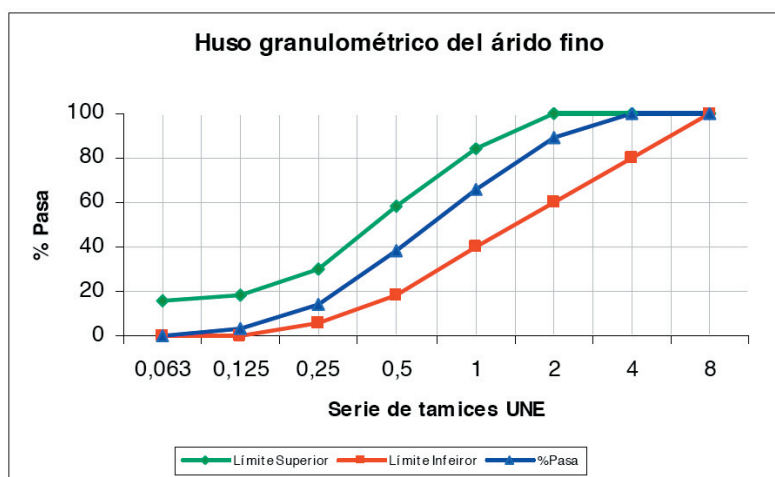
(*) Las muestras de mortero hecho en obra, una vez comenzaba a fraguar se les añadía agua para obtener un juego de probetas y comprobar la caída de resistencias.

2.2- DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (POR TAMIZADO) UNE-EN 10151

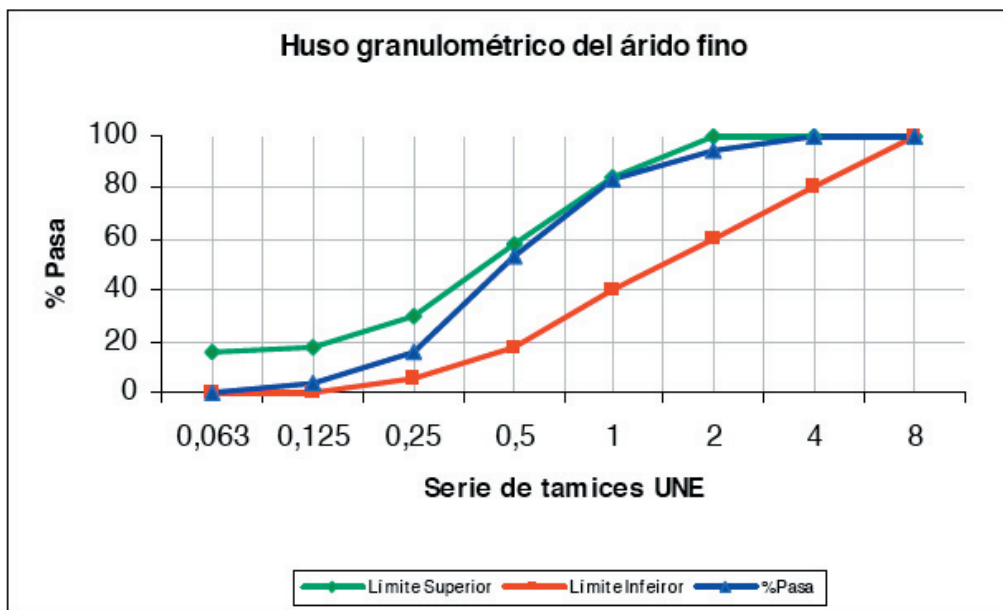


A continuación se muestran los resultados obtenidos del presente ensayo, para una mejor comprensión se ofrecen en forma de gráfica y únicamente una de cada muestra ensayada.

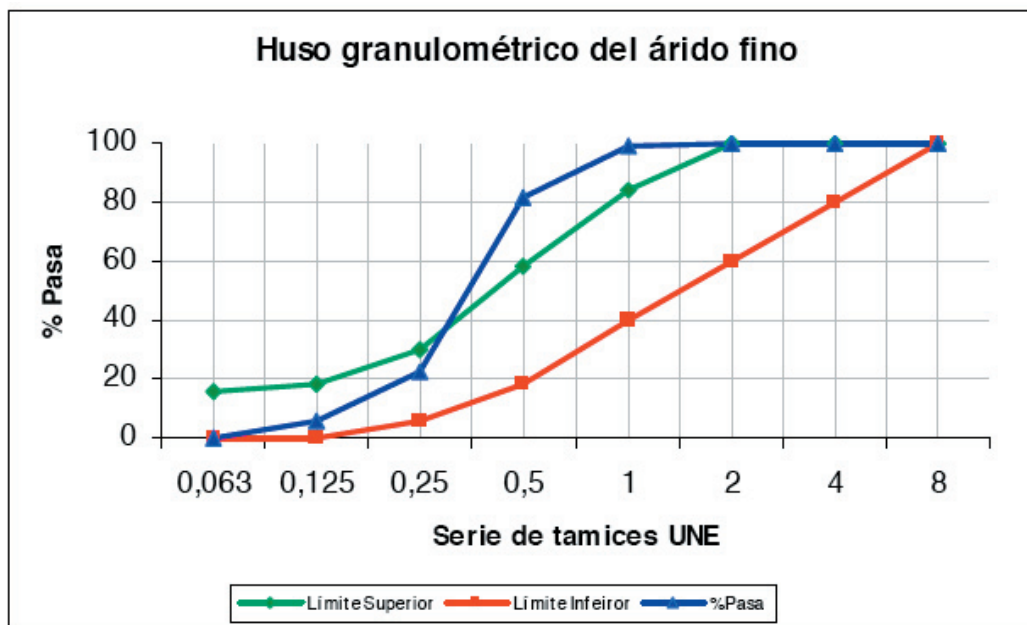
Todos los resultados han sido óptimos excepto los morteros secos en sacos que todas las muestras ensayadas ofrecían un exceso de finos, de ahí destacar su gran trabajabilidad, pero que puede llevar a la merma de otras propiedades.



Mortero industrial húmedo 1.



Mortero hecho en obra 1-



Mortero seco en saco 1.

2.3- DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE DEL MORTERO FRESCO. UNE-EN 1015-6

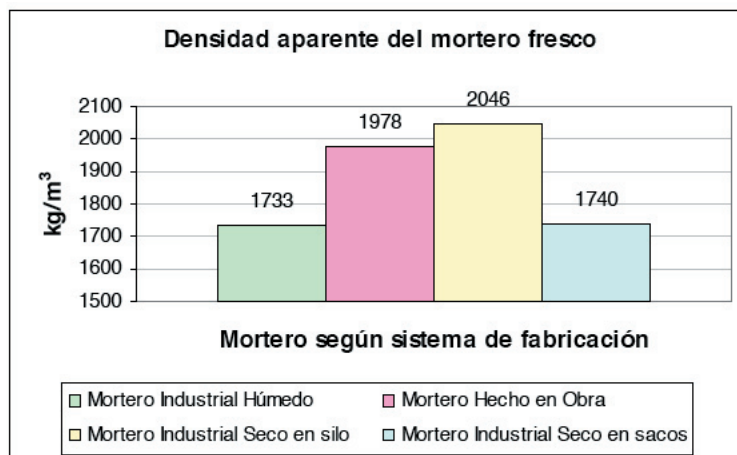
La densidad aparente del mortero fresco (ρ_m), para cada determinación individual, se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\rho_m = \frac{m_2 - m_1}{V_v}$$

donde:

- ρ_m es la densidad aparente del mortero fresco, en Kg por m³;
- m_1 es la masa del recipiente vacío, en gramos;
- m_2 es la masa del recipiente lleno de mortero, en gramos;
- V_v es el volumen del recipiente de medida, en litros.

En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos de dicho ensayo, para la cual ha sido hallada la media aritmética entre valores de los mismos tipos de mortero, en el caso del mortero industrial seco se sigue diferenciando al igual que en todos los ensayos los morteros en silos de los morteros ensacados.



2.4- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN AIRE EN EL MORTERO FRESCO. UNE-EN 1015-7

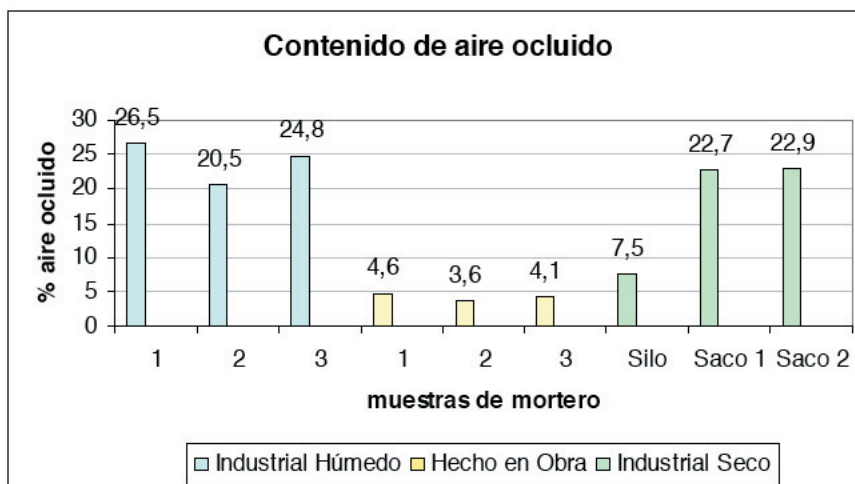
Este método de medida consiste en equilibrar un volumen determinado de aire contenido en una cámara de aire a una presión conocida, con el volumen de aire desconocido del mortero contenido en el recipiente metálico. Las dos cámaras están conectadas con una válvula de aireación. La disminución de la presión del aire en la cámara refleja el contenido de aire de la muestra de mortero. Este contenido se lee en el manómetro calibrado en porcentaje para la presión observada.



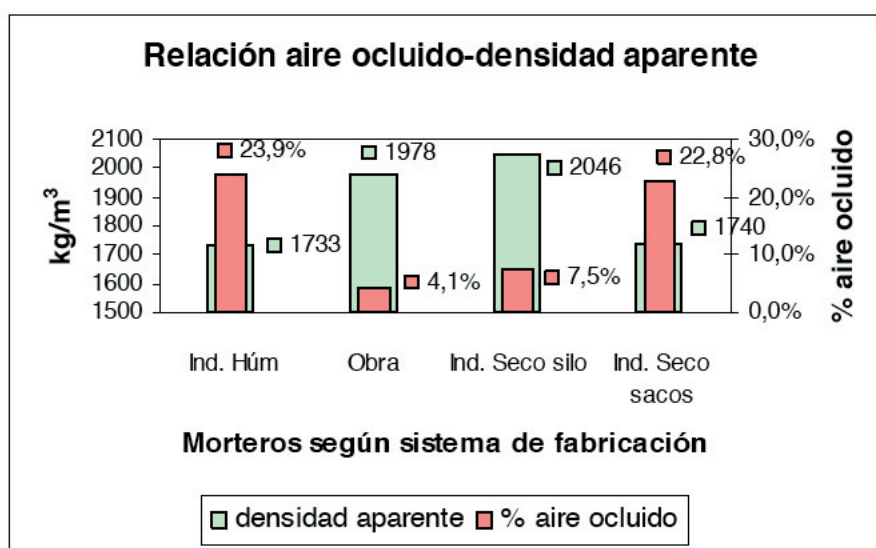
El valor medio del contenido de aire en el mortero fresco, es la media aritmética de los valores de las dos determinaciones individuales, en tanto por ciento, redondeados aproximadamente al 0,5%.

A continuación se muestra en la gráfica siguiente, una media aritmética de las tres muestras que componen cada tipo de mortero, dado la poca variación en los resultados, dicha media no supone una merma de los resultados:





En la gráfica anterior puede observarse como los morteros industriales tienen mayor porcentaje de aire que los hechos en obra. Si relacionamos dicha cantidad de aire con la densidad aparente en estado fresco mostrada con anterioridad, obtenemos el siguiente resultado:



Los morteros industriales ofrecen unos valores muy por encima de los morteros hechos en obra, debido a la inclusión de aditivos modificadores del contenido del aire durante el amasado, este efecto consiste en la introducción dentro de la masa de mortero de pequeñas burbujas de diámetro comprendido entre 10 y 500 micras.

En las figuras anteriores se aprecia con claridad que los morteros industriales húmedos, amasados en planta y transportados a la obra en camiones cubas, son los que presentan mayor porcentaje de aire ocluido entre 20 y 27 %, dicha cantidad se verá en apartados posteriores si coincide con el valor declarado por los fabricantes. Uno de los posibles motivos que llevan al fabricante a incluir tal cantidad de aire, aparte de la trabajabilidad que aporta al mortero, (cualidad muy apreciada por el operario que manipula el mortero), es el aumento de volumen que presentan, ya que la unidad

utilizada para la venta del producto es el metro cúbico. Aspecto por tanto a tener presente por su repercusión económica.

Entre las ventajas que ofrece la inclusión controlada de aire destacan:

- Debido a la forma esférica y flexible de las burbujas, actúan como lubricante del mortero en estado fresco, mejorando la docilidad.
- Interrumpen la red capilar de la masa del mortero, impidiendo la penetración de agua y productos de la hidratación del cemento, protegiendo la masa del efecto de las heladas.
- Al incluir aire, como se observa en las gráficas, disminuye la densidad aparente del mortero fresco, lo cual, unido a lo anterior, tiende a evitar la segregación y exudación del mortero en estado fresco.

El exceso de aditivo aireante deriva en una pérdida de las resistencias finales del mortero.

2.5- DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN Y A COMPRESIÓN DEL MORTERO ENDURECIDO. UNE-EN 1015-11

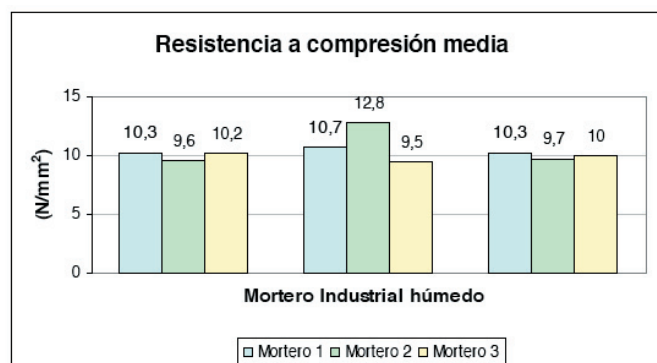
En este apartado se exponen los resultados obtenidos del ensayo a compresión, que es donde el mortero tiene un mejor comportamiento, aunque cabe mencionar que también han sido realizados los pertinentes ensayos a flexión.



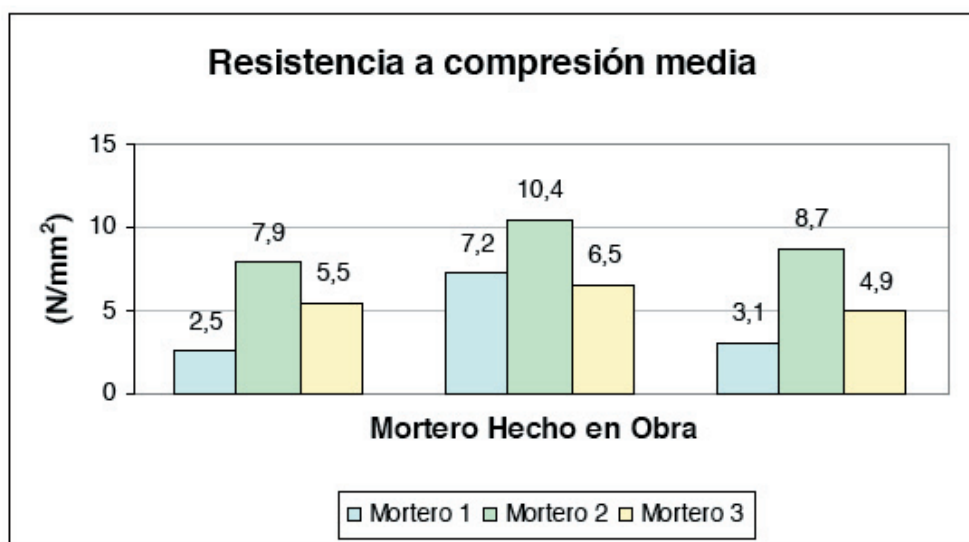
Para determinar la resistencia a compresión de las probetas de mortero endurecido se utiliza la máquina para ensayo que se incluye en el apartado correspondiente a dicha norma, donde se detallan los requisitos y las características que debe cumplir.

La resistencia a compresión se determina en cada una de las dos mitades (semiprismas) resultantes del ensayo de la resistencia a flexión o en las probetas de mortero de (40 x 40 x 160 mm) en el caso de que no se requiera la resistencia a flexión.

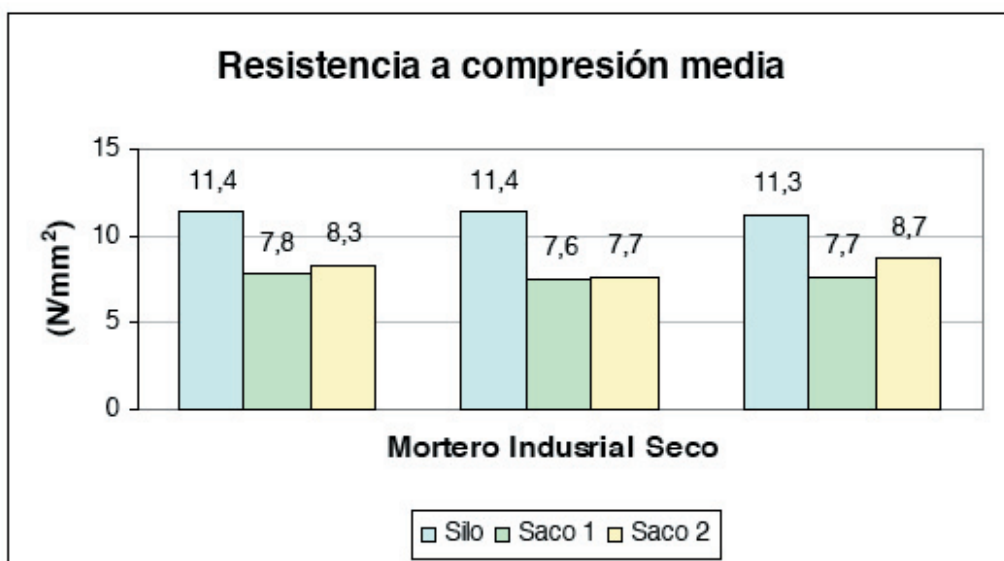
Resultados obtenidos:



Se puede apreciar en la gráfica como prácticamente todos los valores se encuentran en torno a los 10 N/mm², que es el valor que el fabricante declara al tratarse de un mortero designado por su resistencia a compresión M 10, luego dichos resultados se pueden dar por óptimos.



Como se puede apreciar, encontramos unos valores muy por debajo de los obtenidos en el caso de morteros industriales húmedos, en este caso no existe fabricante del cual obtener unos valores declarados y poder compararlos con los resultados que se muestran. Si se comparan ambos tipos de morteros entre sí, ya que en obra tienen la misma aplicación, es evidente que estos últimos no llegan a 10 N/mm², excluyendo la muestra 2 del mortero 2, lo que demuestra el poco control, por otra parte ya conocido, que se tiene sobre dichos morteros.



En este caso concreto, los valores del mortero seco en silo sobrepasan con creces el valor declarado, que igual que anteriormente también es de 10 N/mm².

Los mortero industriales secos ensacados corresponden a una designación M7,5 que es el que se está utilizando para fines idénticos que el resto de morteros estudiados, y como se puede comprobar y refleja la gráfica, ambos superan el valor declarado por el fabricante, y que siguiendo las instrucciones de amasado, en cuanto a la cantidad de agua que hay que añadirle, dan tanto la consistencia como la resistencia a flexión y compresión que marca la ficha de los datos técnicos, que posteriormente se comparará con los resultados obtenidos.

2.6- COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYOS CON VALORES DECLARADOS POR EL FABRICANTE

En el siguiente apartado se pretende comparar los resultados obtenidos de los distintos ensayos realizados en el estudio, con los valores declarados por los fabricantes de los distintos tipos de morteros. El no cumplimiento de los valores declarados por la empresa suministradora dará la condición de rechazo del mortero.

Cabe destacar la difícil tarea que ha supuesto el conocimiento de ciertos datos técnicos del material en cuestión, en el caso de los morteros industriales húmedos, los fabricantes habitualmente sólo declaran el valor de la resistencia a compresión, ya que forma parte de la designación, el resto de datos no se reflejan en los albaranes o facturas, por lo que se desconocen datos tan relevantes como la cantidad de aire ocluido, iones cloruros etc.

Distinto aunque no mejor, es el caso de los morteros hechos en obra, los cuales al ser fabricados in situ, carecen de datos técnicos, en este apartado se compararan los valores con los otros tipos de mortero según su fabricación y acogiéndonos a las tablas de aplicaciones que aconseja la asociación de fabricantes de morteros (AFAM). Los datos declarados en este caso, han sido los mínimos declarados por los fabricantes en los otros tipos de morteros, con el fin de poder compararlos.

En el caso de morteros industriales secos, la situación es completamente opuesta, y tanto como el mortero en silos como los ensacados, van acompañados de una ficha técnica del producto, en la cual se especifican todos los valores declarados por el fabricante, lo que hace que sea un producto que a simple vista de mayor confianza y garantía ante el consumidor.

Debe hacerse mención en cuanto al control de calidad sobre morteros para albañilería, que quedan sujetos a la obligatoriedad del marcado CE.

Las empresas constructoras que consuman, o intermediarios que comercialicen morteros de albañilería deberán estar en posesión de la documentación que demuestre que los productos que utilizan o comercializan disponen del Marcado CE.

| Propiedad | Valor declarado | Valor obtenido | Condición Aceptación/rechazo | Norma UNE EN de referencia |
|---|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Escurecimiento | 160 ± 10 mm | 156 mm | Aceptación | UNE EN 1015-3 |
| Tiempo de Utilización | 36 ± 1 horas | 35 horas | Aceptación | UNE EN 1015-9 |
| Contenido de iones cloruro Solubles en agua | ≤ 1% | 0,0035% | Aceptación | UNE EN 1015-17 |
| Contenido en aire | 15-20% | 26,5 % | Rechazo | UNE EN 1015-7 |
| Densidad aparente del mortero fresco. | 1600-1800 Kg/cm ³ | 1653 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-6 |

| | | | | |
|--|------------------------------|-------------------------|------------|----------------|
| Resistencia a compresión | ≥ 10 N/mm ² | 10,4 N/mm ² | Aceptación | UNE EN 1015-11 |
| Resistencia a flexión | ≥ 3 N/mm ² | 3,3 N/mm ² | Aceptación | UNE EN 1015-11 |
| Densidad aparente del mortero en estado seco | 1600-1800 Kg/cm ³ | 1621 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-10 |

Mortero industrial húmedo 1

| Propiedad | Valor declarado | Valor obtenido | Condición Aceptación/rechazo | Norma UNE EN de referencia |
|--|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Escurecimiento | 165 \pm 5 mm | 158 mm | Rechazo | UNE EN 1015-3 |
| Tiempo de Utilización | - | 157 minutos | - | UNE EN 1015-9 |
| Contenido de iones cloruro Solubles en agua | $\leq 1\%$ | 0,007% | Aceptación | UNE EN 1015-17 |
| Contenido en aire | 15-20% | 4,1 % | Aceptación | UNE EN 1015-7 |
| Densidad aparente del mortero fresco. | 1600-1800 Kg/cm ³ | 1653 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-6 |
| Resistencia a compresión | $\geq 7,5$ N/mm ² | 5,6 N/mm ² | Rechazo | UNE EN 1015-11 |
| Resistencia a flexión | $\geq 2,5$ N/mm ² | 2,2 N/mm ² | Rechazo | UNE EN 1015-11 |
| Densidad aparente del mortero en estado seco | 1600-1800 Kg/cm ³ | 1769 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-10 |

Mortero hecho "in situ"

| Propiedad | Valor declarado | Valor obtenido | Condición Aceptación/rechazo | Norma UNE EN de referencia |
|--|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Escurecimiento | 160 \pm 5 mm | 165 mm | Aceptación | UNE EN 1015-3 |
| Tiempo de Utilización | 130 minutos | 142 minutos | Aceptación | UNE EN 1015-9 |
| Contenido de iones cloruro Solubles en agua | $\leq 1\%$ | 0,0035% | Aceptación | UNE EN 1015-17 |
| Contenido en aire | $\leq 10\%$ | 7,5 % | Aceptación | UNE EN 1015-7 |
| Densidad aparente del mortero fresco. | 1900-2000 Kg/cm ³ | 2046 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-6 |
| Resistencia a compresión | ≥ 10 N/mm ² | 11,3 N/mm ² | Aceptación | UNE EN 1015-11 |
| Resistencia a flexión | ≥ 3 N/mm ² | 3,6 N/mm ² | Aceptación | UNE EN 1015-11 |
| Densidad aparente del mortero en estado seco | 1900-2000 Kg/cm ³ | 1921 Kg/cm ³ | Aceptación | UNE EN 1015-10 |

Mortero industrial seco en silo

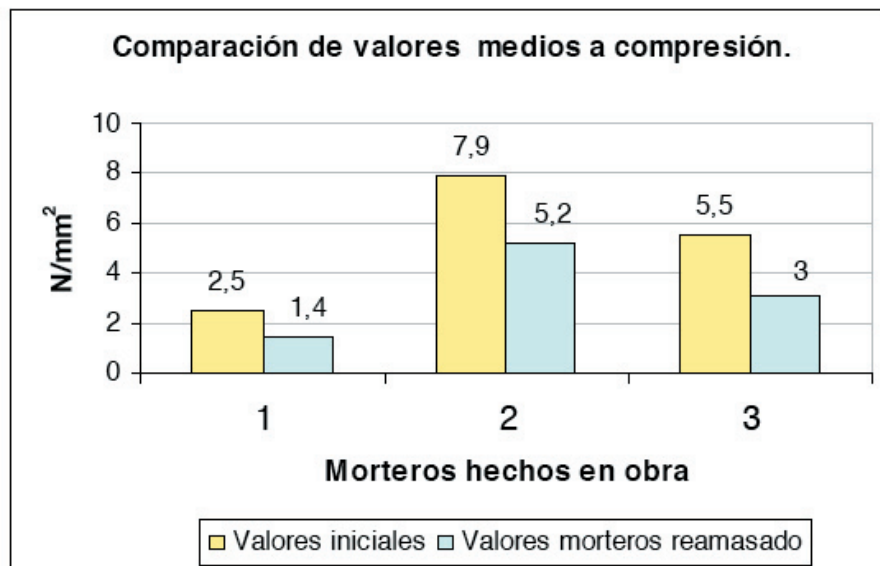
2.7 COMPROBACIÓN DE CAÍDA DE RESISTENCIAS MECÁNICAS EN MORTEROS A LOS CUALES SE LES AÑADE AGUA

En este apartado, se pretende comprobar tanto la caída de resistencias como el resto de propiedades que sufren los morteros en obra, a los cuales se les añade agua una vez terminado el periodo de trabajabilidad, para volver a obtener la consistencia deseada. Dicho proceso es práctica habitual en la obra, en morteros fabricados “in situ” principalmente, ya que los industriales húmedos llevan incorporado retardante de fraguado y los secos al ir almacenados en silos da la posibilidad de obtener la cantidad deseada y permite amasadas mínimas.

Es uno de los múltiples problemas que supone los morteros hechos en obra, y como ejemplo se puede poner el principio de fraguado que sufren los morteros durante las horas que los trabajadores comen (2 horas aproximadamente) en los cuales éste se queda o bien en el carro chino o los recipientes a tal efecto e incluso en la amasadora, al llegar al tajo, evidentemente el mortero bien se desecha o se amasa de nuevo añadiéndole agua, en otros casos se reamasa antes de irse para que posteriormente no esté tan seco.

En los ensayos realizados para este apartado, se ha pretendido en todo momento que sea lo más real posible, es decir, que los valores obtenidos reflejasen lo que pasa en obra y la repercusión que este tipo de práctica tiene finalmente. Para la realización de dichos ensayos han sido utilizadas una muestra de cada tipo de mortero hecho en obra, que han sido objeto de estudio en los apartados anteriores.

Los resultados que a continuación se muestran son los obtenidos del ensayo de compresión, que son los más representativos e influyentes, se opta para una visión más global dar los resultados medios de las tres obras ensayadas, acompañadas de los valores iniciales para facilitar la comparación.



Si hablamos de porcentajes, se puede deducir que en el primer caso cuyos valores iniciales ya son sumamente bajos, estos cayeron al añadirle agua casi un 50 %, en el mortero de la obra 2 los valores merman en torno al 35% y en la obra 3 sobre el 45 %.

Así se puede probar por ejemplo, que valores que inicialmente están en 5 N/mm², que es un resultado que se puede considerar aceptable según las tablas de aplicaciones que ha publicado la asociación de fabricantes de morteros (AFAM) para la aplicación en obra que este caso era en fábrica de ladrillo caravista, al volver a utilizar el mortero una vez terminado el periodo de trabajabilidad, los valores quedan en torno a los 3 N/mm², valor muy por debajo de lo que se considera aceptable.

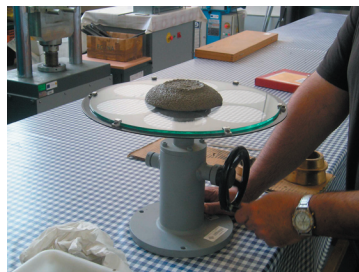
Por este motivo, aunque a priori, tras una buena dosificación en obra y unos componentes cuya calidad quede demostrada mediante ensayos o distintivos, queda probado que al final la calidad de lo edificado con mortero va a depender del operario o trabajador encargado de realizar las labores de construcción.

Es este uno de los innumerables motivos, por los cuales se debe concienciar al sector de la construcción de utilizar los morteros industriales, bien sean secos o húmedos, ya que queda demostrado en este estudio las ventajas que ofrecen ante los morteros hechos en obra, carentes de control de producción y especialmente susceptibles de prácticas como la que se ha tratado en el presente apartado.

2.7- DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ESCURRIMIENTO

Existen dos métodos para la determinación del valor de escurrimiento, el primero mediante la mesa de sacudidas (UNE-EN 1015-3), ensayo que ha sido utilizado en cada muestra. Los valores obtenidos pueden ser interpretados en una tabla adjunta para así determinar la consistencia del mortero.

| Mortero | Valor del escurrimiento mm |
|----------|----------------------------|
| Seco | <140 |
| Plástico | 140 a 200 |
| Fluido | >200 |

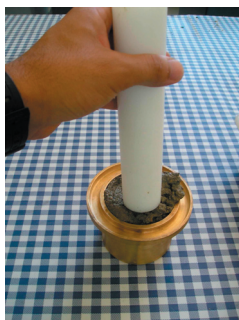


Procedimiento del ensayo de la mesa de sacudidas

El otro método regulado por la Norma UNE-EN 1015-4, es mediante penetración de pistón.

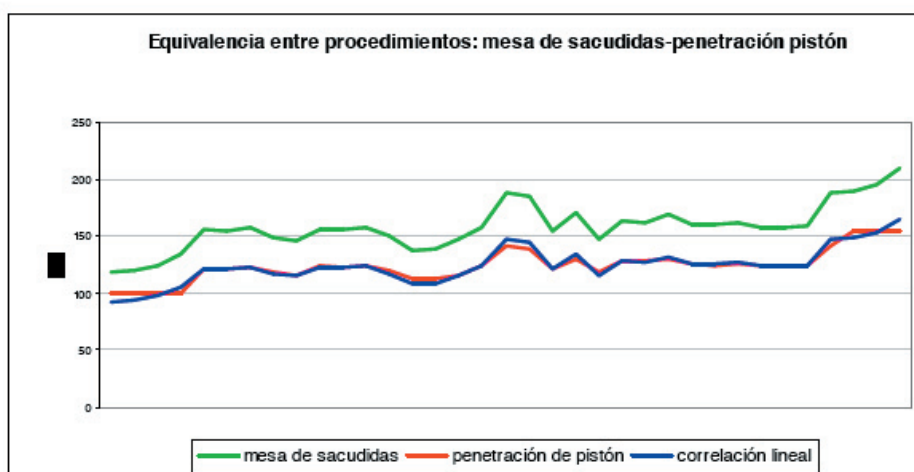
En dicha norma no existe una interpretación de los resultados obtenidos, y únicamente si con anterioridad se ha realizado la operación mediante la mesa de sacudidas, es posible comparar los resultados de ambos procedimientos para y así poder comprobar si existe una correlación lineal entre ambos, que según dicha norma debe existir.

Con los resultados obtenidos de ambos métodos se ha elaborado una tabla interpretativa de resultados del método de penetración del pistón.



Procedimiento del ensayo mediante penetración de pistón

Puede apreciarse en la gráfica como prácticamente existe paralelismo entre ambos procedimientos, es decir, coincide en su mayor parte del recorrido la línea de penetración del pistón (rojo) con la línea de correlación lineal (azul), luego, puede afirmarse que verdaderamente un método de ensayo respecto del otro sufre una relación lineal, como dice la normativa que debería ocurrir normalmente.



Pero no es la única conclusión que podemos obtener, ya que la escala de valores que se obtienen con un método y otro son bien distintos, siendo el margen de medida mucho menor el que ofrece el aparato de penetración, si observamos la gráfica, comprobamos que tanto en un extremo como en otro, la línea de penetración de pistón (roja), deja de amoldarse a la línea azul para convertirse en una recta, en la parte izquierda del gráfico, y si consultamos la tabla de valores en su parte superior, se aprecia que a partir del resultado de 135 mm en la mesa de sacudidas (verde) la línea roja comienza a ser una recta sobre el valor 100 mm, que es el menor valor que se consigue por penetración. Igual ocurre en el extremo derecho y volviendo a consultar la tabla de resultados se puede comprobar como a partir de 190 mm en la mesa de sacudidas, de nuevo la línea roja deja de ser paralela para asentarse sobre el punto 155 mm y transcurrir por este, ya que es el valor máximo que se puede obtener mediante este procedimiento.

Una vez comprobada y verificada la relación lineal, ha sido elaborada una tabla para la interpretación directa de los resultados obtenidos mediante penetración de pistón.

| Mortero | Valor del escurrimiento mm |
|----------|----------------------------|
| Seco | <115 |
| Plástico | 115 a 145 |
| Fluido | >145 |

2.8- ESTUDIO COMPARATIVO ECONÓMICO ENTRE LOS DIFERENTES TIPOS DE MORTEROS

El presente apartado es un comparativo económico entre los distintos tipos de mortero más utilizados actualmente en la construcción. Para obtener los resultados que a continuación se redactan, han sido utilizados precios reales adquiridos en forma de presupuesto, facilitadas por las distintas fuentes que son las mismas que en su día facilitaron las muestras del material para los ensayos, empresas fabricantes de mortero húmedo, distribuidores de silos de mortero seco y almacenes de materiales proveedores de los distintos materiales para amasar el mortero en obra “in situ”.

Los morteros que a continuación se estudian, son los que se utilizan realmente en obra, para la misma aplicación en fábricas de ladrillo caravista, los cuales en el caso de los industriales, el pedido se realiza por su resistencia a compresión a 28 días, en unos casos utilizando la “nueva” designación y en otros casos se ha comprobado que siguen con la antigua.

Al ser varios y distintos los presupuestos obtenidos de los diferentes tipos de mortero, así como de los componentes en obra, se ha realizado una media ponderada entre éstos, con el fin de obtener un resultado representativo.

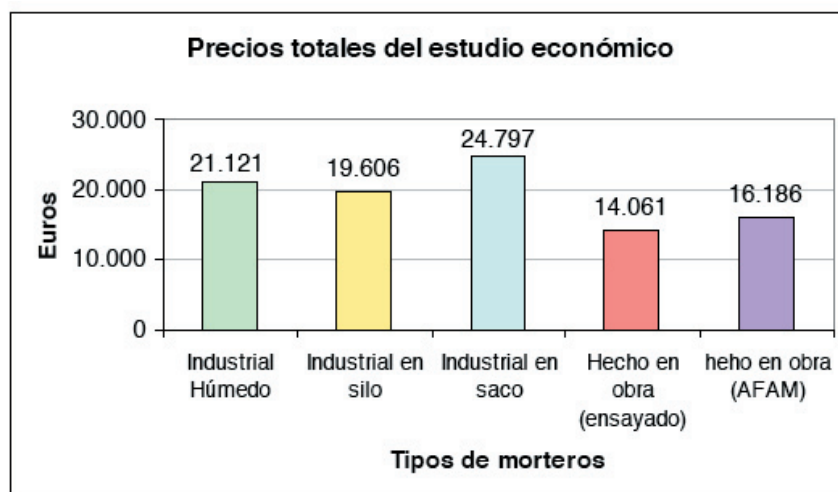
Todos los presupuestos ofrecidos por las distintas empresas han sido elaborados con las mismas condiciones de venta.

Para el estudio de los morteros hechos en obra “in situ”, ha sido necesario el seguimiento de cinco obras distintas, para lograr un resultado representativo, debido a aspectos ya comentados en distintos apartados de este trabajo, como son el amplio margen de límites o el escaso y complicado control de dichos morteros.

Con la intención de ofrecer unos resultados en los cuales se aprecien unas diferencias características de los distintos morteros, se considera la construcción de **20 viviendas** en bloque, bajo las mismas condiciones constructivas.

Los índices medios sobre el consumo de mortero por tipología de vivienda, se estima según la Asociación de Fabricantes de Morteros (AFAM), en **30 t/ud** para viviendas en bloque.

Los resultados obtenidos se muestran a modo de gráfica:



3.- CONCLUSIÓN

Después de las campañas experimentales sobre el estudio de la comparación entre morteros de albañilería de distintos tipos, utilizados, y con la misma aplicación en obra, concretamente en fábrica de ladrillo caravista, las conclusiones finales pueden resumirse en:

- El mortero de albañilería, pese a ser uno de los materiales más utilizados en construcción, no se le da la importancia que se debería, ya que muchas de las patologías que presentan las edificaciones actuales son a causa de una mala fabricación y puesta en obra.
- Los morteros hechos en obra, carecen de cualquier tipo de control, se puede decir que solo un tipo de los estudiados estaba a la altura de la aplicación a utilizar.
- Falta de especificación de los morteros en los proyectos.
- Los morteros industriales húmedos, listos para su empleo, son los más utilizados en las ciudades, mientras en las provincias el más fabricado sigue siendo mortero hecho “in situ”.
- De los morteros industriales húmedos estudiados, pese a los resultados satisfactorios obtenidos, ninguno de los tres en cuestión está en posesión del marcado CE y únicamente una planta de fabricación de las estudiadas tiene planteado la tramitación de dicho marcado en un futuro próximo. Del mismo modo, ninguna de las tres plantas de fabricación utiliza la designación actual, ni declara los valores correspondientes a las características de los morteros que producen.
- Los morteros industriales secos son los que ofrecen los resultados más satisfactorios de los tres tipos ensayados, a pesar de que son los menos producidos y utilizados en la zona.
- Los resultados obtenidos del estudio económico, señalan que los morteros industriales son más caros, pero si se tiene en cuenta las múltiples ventajas que ofrecen, no supone tal incremento económico.
- A nuestro juicio, en la preparación de las probetas para la determinación de las resistencias mecánicas, se debería utilizar un método de compactación mecánico, que ejerciera siempre la misma vibración sobre los moldes.

BIBLIOGRAFÍA

AFAM. *Guía General de Morteros* (2003).

Valdehita Rosello, Ma Teresa. *Morteros de cemento para albañilería. Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento* (1976).

Fernández Paris, JM. “microscopía del clinker de cemento portland”. *Manuales y normas del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del cemento*. (1978).

Caleb Hornbostel. *Materiales para la construcción: tipos, usos y aplicaciones*. (1985).

AITEMIN. *Patologías de las piezas cerámicas y nuevas tendencias en la edificación*. (2004).

INTEMAC. *Patología, técnica de intervención y limpieza de fábricas de ladrillo*. (2003).

Normas UNE-EN 998-2. *Especificaciones de los morteros para albañilería, Parte 2: Morteros para albañilería*. (2004).

Norma Básica de la Edificación, NBE-FL 90, *Muros resistentes de fábrica de ladrillos*, (2004). *Código Técnico de la Edificación*. (2006).

Informe sobre el mercado CE de Morteros para albañilería, Morteros para revoco y enlucido, Adhesivos para baldosas cerámicas y Pastas autonivelantes (información a los consumidores).

Ministerios de Industrial, Turismo y comercio. (2006).

Norma UNE-EN 934. *Aditivos para hormigones, morteros y pastas*, (2004).

Norma UNE-EN 13139, *Áridos para morteros*, (2003).

Instrucción para la reopción de cementos, RC-03 (2003).

Mansilla, Fernando. *Medición, valoraciones y presupuestos de Obra*. (1978).

AFAM. *Guía para la utilización y el control de los morteros de albañilería y revoco/enlucido*.(2006).

Gaspar Tébar, Demetrio. *Morteros para albañilería, Manual de ensayos*. ANEFHOP, (2006).